

УДК 612.76:591.176:796

DOI 10.20538/1682-0363-2016-3-87-94

Для цитирования: Разуванова А.В., Кошельская Е.В., Смердова О.С. и др. Закономерности формирования двигательного стереотипа управления телом в фазе полета у спортсменов. *Бюллетень сибирской медицины*. 2016; 15(3): 87–94

## Закономерности формирования двигательного стереотипа управления телом в фазе полета у спортсменов

Разуванова А.В.<sup>1</sup>, Кошельская Е.В.<sup>1</sup>, Смердова О.С.<sup>1</sup>,  
Карпова И.А.<sup>1</sup>, Медведева Е.В.<sup>3</sup>, Капилевич Л.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ), г. Томск, Россия  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет (НИ ТГУ), г. Томск, Россия  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

<sup>3</sup> Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия  
634050, г. Томск, Московский тракт, 2

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить закономерности формирования двигательного стереотипа управления телом в фазе полета у спортсменов на примере выполнения прыжка в длину.

**Материал и методы.** Было обследовано 30 мужчин в возрасте 17–24 лет. По степени сформированности двигательного навыка они были разделены на две группы. В основную группу вошли легкоатлеты высокой квалификации – мастера спорта и кандидаты в мастера спорта (16 человек). Контрольную группу составили студенты (14 человек), не имеющие спортивных разрядов. Использовались методы отслеживания движения Motion Tracking и электромиографии.

**Результаты.** В начальную фазу (фаза выпрыгивания) различия между группами незначительны. Отталкивание спортсмены выполняли сходным образом, спортсмены основной группы при этом более эффективно использовали резерв работы коленных суставов. Характер работы мышц ног у спортсменов обеих групп в этой фазе также не различался. Однако дальнейшее выполнение двигательного действия у спортсменов основной и контрольной групп происходило по-разному. Спортсмены контрольной группы практически не осуществляли управления телом в фазе полета. Об этом свидетельствует прежде высокий тонус мышц рук, спины и шеи на протяжении всей фазы полета. Движения выполнялись только в коленном и тазобедренном суставах, причем уже в фазе «зависания» – высшей точке траектории полета – эти движения направлены на подготовку к приземлению.

Спортсмены основной группы в фазе полета задействовали весь спектр возможных движений. Сгибания и разгибания выполнялись в плечевых и локтевых суставах, а также в суставах шеи и позвоночника. Все эти движения направлены на увеличение дальности прыжка, этому способствует и вынос ног вперед, и придание телу углового ускорения за счет движения голени и головы. Подготовка к приземлению производилась непосредственно перед контактом с поверхностью, однако сам характер фазы полета позволял спортсмену максимально использовать инерцию движения тела для удлинения прыжка, тем самым облегчая амортизацию удара, и удержания равновесия после приземления.

Формирование двигательного стереотипа управления телом в фазе полета у спортсменов при выполнении прыжка в длину обуславливается прежде всего трансформацией доминанты, определяющей цель двигательного действия – с безопасного приземления у начинающих на максимальную дальность прыжка у квалифицированных спортсменов. В результате формирующийся двигательный стереотип,

✉ Разуванова Анна Владимировна, e-mail: [visann@tpu.ru](mailto:visann@tpu.ru)

включающий только движения ног у начинающих спортсменов, дополняется вовлечением движений рук и корпуса, снижением степени фиксации в суставах у спортсменов высокой квалификации.

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют о существенном различии двигательных стереотипов, лежащих в основе выполнения двигательного действия – прыжка в длину – у спортсменов различной квалификации.

**Ключевые слова:** прыжок, управление движениями, электромиография, мышечная активность.

## Введение

Двигательные действия в безопорном положении (в прыжке, в фазе полета) являются наиболее сложными с точки зрения техники выполнения [1, 2]. В разных видах спорта навыки выполнения данных действий совершенствуются, достигаются путем многочисленных повторений, постепенно подводящих индивидуальную технику выполнения определенного упражнения к эталонной. При этом основным критерием оценки является соответствие этому эталону, а вся задача тренера заключается в устранении отклонений от эталонного исполнения [3, 4].

При этом мало внимания уделяется оценке физиологических процессов, обеспечивающих технику таких движений. Формирование двигательного стереотипа основано на сочетании двух главных факторов – создание оптимальной программы двигательного действия и совершенствование системы корригирующих воздействия на основе обратных афферентаций. Корригирующие воздействия рассматриваются как необходимое звено [5]. Однако в безопорном положении возможность коррекции двигательного действия ограничено как нарушением сенсорного восприятия (как зрительного, так и вестибулярного), так и способностью управлять перемещением тела в полете. Кроме того, при выполнении действий в безопорном положении важным психологическим фактором является готовность к безопасному приземлению, исключению возможности потери равновесия и падения [6, 7]. Нередко этот фактор препятствует эффективному выполнению упражнения.

Все изложенное обуславливает актуальность исследования физиологических механизмов, лежащих в основе управления телом в безопорном положении (в фазе полета).

**Цель исследования:** изучить закономерности формирования двигательного стереотипа управления телом в фазе полета у спортсменов на примере выполнения прыжка в длину.

## Материал и методы

Было обследовано 30 мужчин в возрасте 17–24 лет. По степени сформированности двигательного навыка они были разделены на две группы. В основную группу вошли легкоатлеты высокой квалификации – мастера спорта и кандидаты в мастера спорта (16 человек). Контрольную группу составили студенты (14 человек), не имеющие спортивных разрядов. Для анализа ориентации звеньев тела, их расположения в пространстве и отношения к опоре использовался метод отслеживания движения Motion Tracking. Пространственные перемещения звеньев тела спортсменов регистрировались с помощью видеокамеры Vision Research Phantom Mire eX2. Съемка велась со скоростью 100 кадров в секунду. Полученные данные были обработаны и проанализированы в программе StarTraceTracker 1.1 VideoMotion®. Для регистрации биоэлектрических потенциалов мышц использовался электромиограф FREE EMG.

Фактические данные представлены в виде «среднее  $\pm$  ошибка среднего» ( $M \pm m$ ). Достоверность различий между группами оценивалась с использованием непараметрического критерия Манна – Уитни.

## Результаты

На рис. 1 представлены стоп-кадры трех фаз выполнения прыжка в длину спортсменами основной и контрольной групп. В первую фазу (фаза выпрыгивания, непосредственно после отрыва от опоры) разница между положением тела спортсменов практически отсутствует. Единственное различие – угол в коленных суставах у спортсменов контрольной группы был несколько ниже ( $164,7 \pm 12,2^\circ$ ), чем в основной ( $187,2 \pm 2,1^\circ$ ),  $p < 0,05$ . Очевидно, что начинающие спортсмены не полностью используют потенциал коленных суставов для отталкивания.

Однако в фазу «зависания», то есть в момент прохождения наивысшей точки траектории полета разница становится весьма существенной.

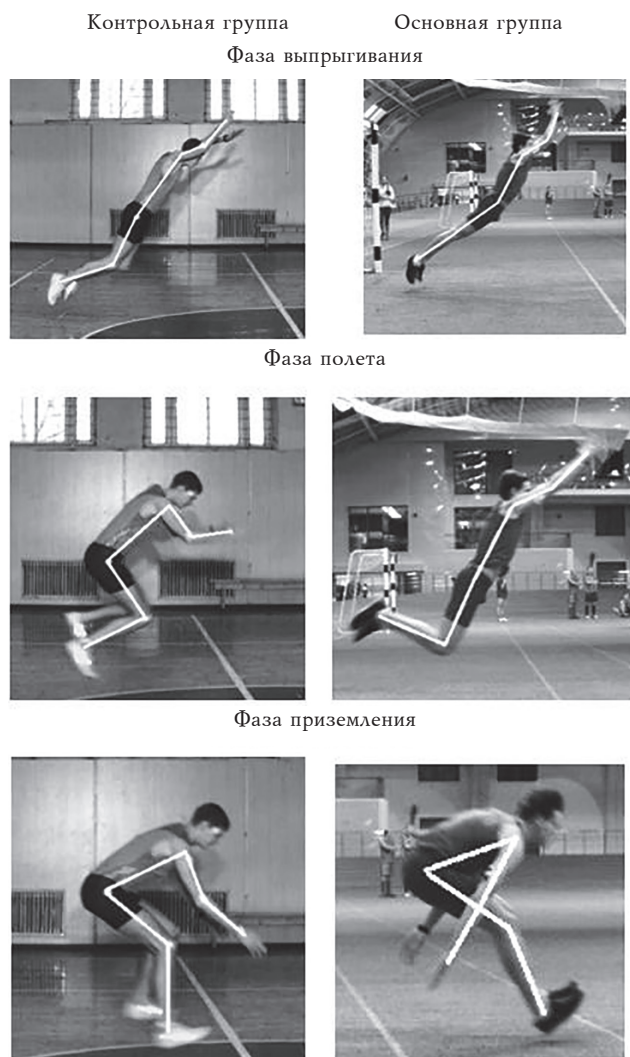


Рис. 1. Положение тела спортсменов основной и контрольной групп в фазе выпрыгивания (непосредственно после отрыва от поверхности), в фазе полета (наивысшая точка траектории) и в фазе приземления (непосредственно перед касанием поверхности)

Углы сгибания в коленных суставах не различались между группами ( $85,7 \pm 5,2^\circ$  в контроле и  $89,4 \pm 3,1^\circ$  в основной группе,  $p > 0,05$ ). Однако тазобедренные суставы у спортсменов основной группы полностью разогнуты ( $177,3 \pm 5,1^\circ$ ), тогда как у спортсменов контрольной группы – согнуты до  $(118,7 \pm 8,5)^\circ$ ,  $p < 0,05$ . Также плечевые суставы у спортсменов основной группы полностью разогнуты ( $175,3 \pm 4,8^\circ$ ), тогда как у спортсменов контрольной группы – согнуты до  $(86,2 \pm 11,9)^\circ$ ,  $p < 0,05$ . Аналогичная разница и в углах сгибания локтевых суставов ( $172,7 \pm 5,1^\circ$  в основной группе и в контрольной  $128,3 \pm 9,7^\circ$ ),  $p < 0,05$ . Можно предполагать, что у спортсменов контрольной группы к моменту достижения высшей точки траектории уже выполнен комплекс движений, подготавливающих его к приземлению: сгибание

ног должно обеспечить амортизацию при взаимодействии с опорой, а сгибание рук способствовать удержанию равновесия. Однако все эти приготовления являются преждевременными и потому неэффективными. В то же время у спортсменов опытной группы движение ног способствует формированию вращательного импульса, который придаст телу угловое ускорение и позволит вывести ноги вперед относительно общего центра тяжести.

Описанные различия в положении тела в точке «зависания» сказываются на характере приземления. Спортсмены основной группы в завершающую фазу прыжка выполняют быстрое сгибание в тазобедренных суставах до  $(49,7 \pm 8,5)^\circ$ , что обеспечивает вынос ног вперед и удлинение прыжка. Небольшое сгибание в коленных суставах до  $(172,4 \pm 3,5)^\circ$  обеспечивает амортизацию при взаимодействии с опорой. Руки полностью разогнуты в локтевых суставах и отведены назад углы в плечевых суставах –  $(34,8 \pm 6,3)^\circ$  для обеспечения равновесия. У спортсменов контрольной группы картина принципиально иная – сгибание в тазобедренных суставах вдвое слабее (до  $(73,1 \pm 11,6)^\circ$ ,  $p < 0,05$ ), а в коленных суставах, напротив, сильнее (до  $(138,2 \pm 13,1)^\circ$ ,  $p < 0,05$ ). В плечевых суставах углы достигают лишь  $(98,4 \pm 16,7)^\circ$ ,  $p < 0,05$ . В результате длина прыжка существенно сокращается, а способность удерживать равновесие после приземления ограничена.

Во второй части работы представлен анализ биоэлектрической активности различных мышечных групп при выполнении прыжка в длину спортсменами различной квалификации. У спортсменов контрольной группы активность большеберцовых мышц и двуглавых мышц бедра регистрируется только в фазах выпрыгивания и приземления. На протяжении фазы полета эти мышцы у спортсменов данной группы расслаблены. В то же время у спортсменов основной группы регистрируется промежуточная вспышка активности данных мышц в фазе полета (рис. 2).

Активность мышц рук (бицепсы и трицепсы плеча), напротив, на всем протяжении полета преобладает у спортсменов контрольной группы (рис. 3). Очевидно, что постоянный одновременный тонус сгибателей и разгибателей способствует фиксации сустава и препятствует движениям. В то же время у спортсменов основной группы регистрируются изолированные вспышки активности названных мышц, которые не совпадают по времени, то есть выполняются активные движения руками.

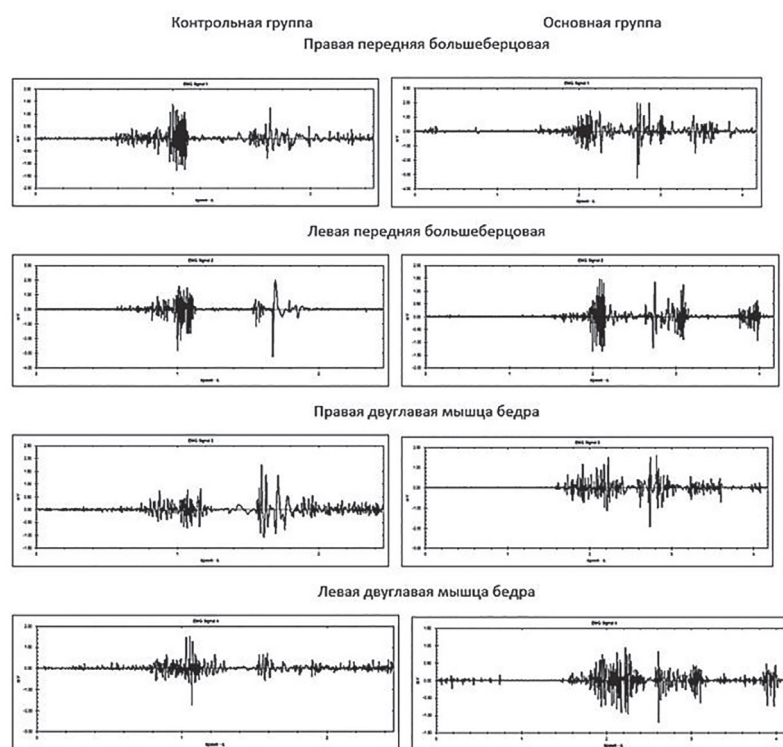


Рис. 2. Биоэлектрическая активность мышц ног у спортсменов основной и контрольной групп при выполнении прыжка в длину

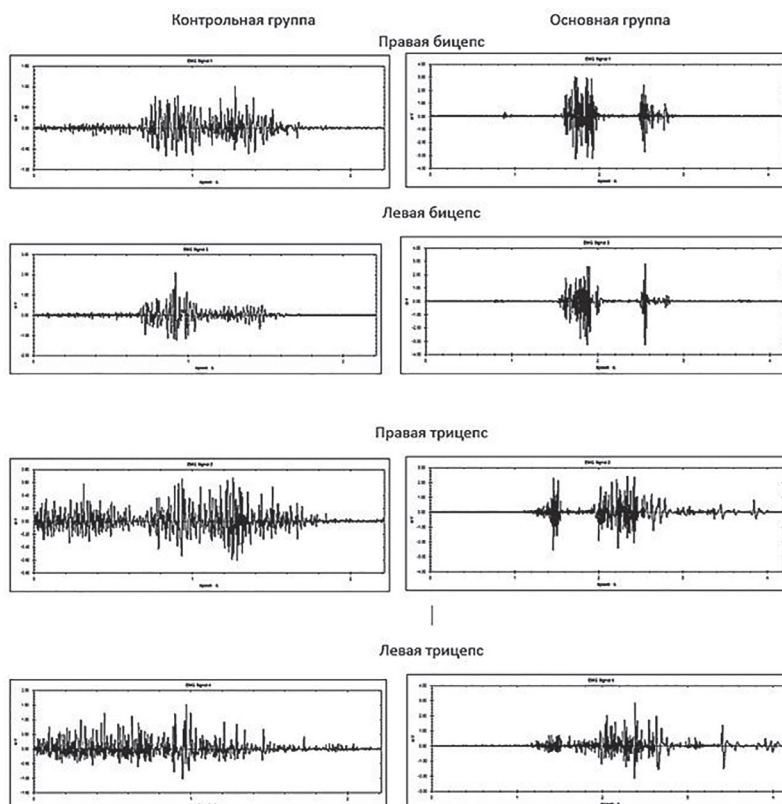


Рис. 3. Биоэлектрическая активность мышц рук у спортсменов основной и контрольной групп при выполнении прыжка в длину



Аналогичную картину мы наблюдаем со стороны мышц спины и шеи, активность данных групп мышц у спортсменов контрольной группы регистрируется на протяжении всего прыжка, что свидетельствует об избыточном разгибании корпуса и фиксации его на все время полета

(рис. 4). У спортсменов основной группы, напротив, фиксируются лишь изолированные, незначительные по длительности всплески активности данных мышц. По-видимому, такие кратковременные движения корпуса могут использоваться для коррекции траектории полета.

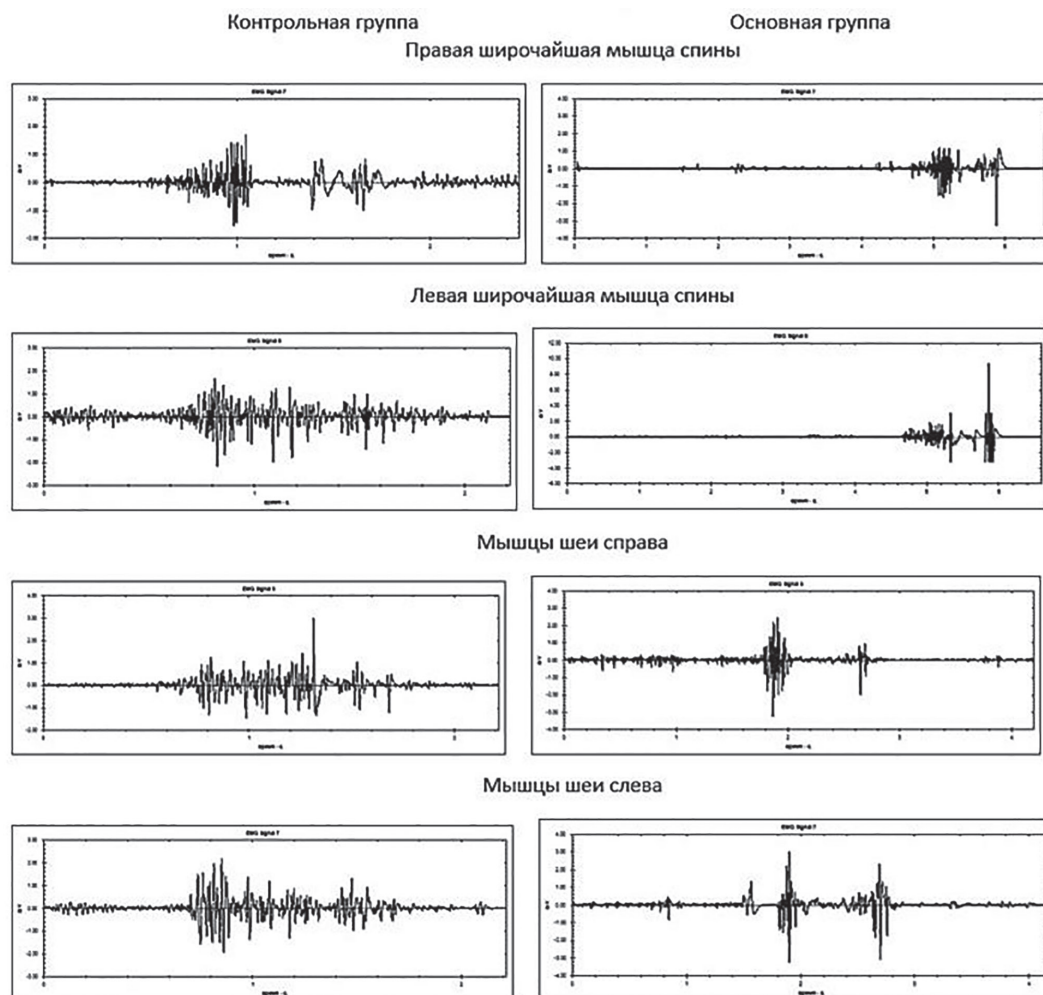


Рис. 4. Биоэлектрическая активность мышц туловища у спортсменов основной и контрольной групп при выполнении прыжка в длину

## Обсуждение

Полученные данные свидетельствуют о существенном различии двигательных стереотипов, лежащих в основе выполнения двигательного действия – прыжка в длину – у спортсменов основной и контрольной групп.

В начальную фазу (фаза выпрыгивания) различия между группами незначительны, отталкивание спортсмены выполняют сходным образом, спортсмены основной группы при этом более эффективно используют резерв работы коленных суставов. Характер работы мышц ног у

спортсменов обеих групп в этой фазе также не различается.

Однако дальнейшее выполнение двигательного действия у спортсменов основной и контрольной групп происходит по-разному. Спортсмены контрольной группы практически не осуществляют управления телом в фазе полета. Об этом свидетельствует высокий тонус мышц рук, спины и шеи на протяжении всей фазы полета. Движения выполняются только в коленном и тазобедренном суставах, причем уже в фазе «зависания» – высшей точке траектории полета – эти движения направлены на подготовку к приземлению.

Спортсмены основной группы в фазе полета задействуют весь спектр возможных движений – сгибания и разгибания выполняются в плечевых и локтевых суставах, а также в суставах шеи и позвоночника. Все эти движения направлены на увеличение дальности прыжка. Этому способствует и вынос ног вперед, и придание телу углового ускорения за счет движения голени и головы. Подготовка к приземлению производится непосредственно перед контактом с поверхностью. Однако сам характер фазы полета позволяет спортсмену максимально использовать инерцию движения тела для удлинения прыжка, тем самым облегчая амортизацию удара, и удержания равновесия после приземления.

На основании изложенного можно заключить, что в контрольной группе доминантой при выполнении данного двигательного действия является безопасное приземление, а именно амортизация удара при столкновении с поверхностью и удержание равновесия для противодействия направленной вперед инерции с целью предотвратить падение. Спортсмены данной группы не осуществляют управление телом в фазе полета. У спортсменов основной группы доминирующей задачей, решаемой в процессе двигательного действия, является достижение максимальной дальности прыжка. Для этого выполняется комплекс движений, позволяющих оптимизировать траекторию полета и в то же время обеспечить безопасное приземление.

Можно предположить, что у начинающих спортсменов в безопорном положении (в фазе полета) ведущая роль в управлении двигательным действием принадлежит системе постуральных рефлексов, реализуемых на основе афферентации от проприорецепторов мышечно-суставного аппарата. Причиной этого может являться снижение афферентной импульсации от вестибулярного и зрительного рецепторов. Причиной снижения импульсации от полукружных каналов может быть дезорганизация активности рецепторного поля в полукружных каналах за счет постоянной смены направления ускорения в фазе полета. Дефицит информации от зрительного анализатора может быть связан с дезорганизацией взаимных движений тела, головы и глаз в фазе полета. Преобладание постуральных рефлексов приводит к повышению активности мышц-разгибателей туловища и к фиксации корпуса и рук [8, 9].

В процессе тренировки спортсмены формируют способность подавлять противодействие эффектов постуральной системы, тем самым приобретая навыки оптимального управления телом в фазе полета.

## Заключение

Формирование двигательного стереотипа управления телом в фазе полета у спортсменов при выполнении прыжка в длину обуславливается прежде всего трансформацией доминанты, определяющей цель двигательного действия – с безопасного приземления у начинающих на максимальную дальность прыжка у квалифицированных спортсменов. В результате формирующийся двигательный стереотип, включающий только движения ног у начинающих спортсменов, дополняется вовлечением движений рук и корпуса, снижением степени фиксации в суставах у спортсменов высокой квалификации.

## Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## Литература

1. Бочаров М.И. *Частная биомеханика с физиологией движения*. Ухта: УГТУ, 2010. 235 с.
2. Beutler A.I., Motte S.J. Muscle Strength And Qualitative Jump-Landing Differences In Male And Female Military Cadets: The Jump-Acl Study // *The Journal of Sports Science and Medicine*. 2009. № 4 (8). P. 663–671.
3. Капилевич Л.В. Физиологические механизмы координации движений в безопорном положении у спортсменов // *Теория и практика физической культуры*. 2012. № 7. С. 45–49.
4. Капилевич Л.В. Физиологический контроль технической подготовленности спортсменов // *Теория и практика физической культуры*. 2010. № 11. С. 12–15.
5. Бернштейн Н.А. *Избранные труды по биомеханике и кибернетике*. М.: СпортАкадемПресс, 2001. 296 с.
6. Бальсевич В.К. *Очерки по возрастной кинезиологии человека*. М.: Советский спорт, 2009. 220 с.
7. Курьсь В.Н. Биомеханика приземления в спорте // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология*. 2011. № 1. С. 194–202.
8. Магнус Р. *Статические и статокINETические рефлексы* [Электронный ресурс] URL: <http://turboreferat.ru/medicine/staticheskie-i-statokineticheskie-refleksy-r/193674-969843-page1.html> (дата обращения: 15.02.2016).
9. Krivoshekov S.G., Lushnikov O.N. Psychophysiology of sports addictions (exercise addiction) // *Human Physiology*. 2011. 37 (4). P.509–513.

Поступила в редакцию 29.02.2016 г.

Утверждена к печати 15.05.2016 г.

Разуванова Анна Владимировна (✉) – аспирант кафедры спортивных дисциплин НИ ТПУ (г. Томск).

Кошельская Елена Владимировна – канд. мед. наук, доцент кафедры спортивных дисциплин НИ ТПУ (г. Томск).

Смердова Ольга Сергеевна – аспирант кафедры спортивных дисциплин НИ ТПУ (г. Томск).

Карпова Изольда Александровна – студентка 4-го курса института социально-гуманитарных технологий НИ ТПУ (г. Томск).

Медведева Елена Владимировна – студентка 6-го курса медико-биологического факультета СибГМУ (г. Томск).

Капилевич Леонид Владимирович – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины НИ ТГУ, профессор кафедры спортивных дисциплин НИ ТПУ (г. Томск).

✉ Разуванова Анна Владимировна, e-mail: visann@tpu.ru

УДК 612.76:591.176:796

DOI 10.20538/1682-0363-2016-3-87-94

For citation: Razuvanova A.V., Koshelskaya E.V., Smerdova O.S. et al. Laws of formation movement patterns management body in phase of flight in athletes. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2016; 15(3): 87–94

## Laws of formation movement patterns management body in phase of flight in athletes

Razuvanova A.V.<sup>1</sup>, Koshelskaya E.V.<sup>1</sup>, Smerdova O.S.<sup>1</sup>,  
Karpova I.A.<sup>1</sup>, Medvedeva E.V.<sup>3</sup>, Kapilevich L.V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Nationai Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation*  
36 Lenina Av., Tomsk, 634050.

<sup>2</sup> *Nationai Research Tomsk Polytechnical University, Tomsk, Russian Federation*  
30 Lenina Ave., Tomsk, 634050.

<sup>3</sup> *Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation*  
2 Moscow Trakt, Tomsk, 634050.

### ABSTRACT

**Materials and methods.** Regularities of movement patterns in the body control the flight phase of the athletes on the example of the long jump were studied by methods of Motion Tracking and electromyography. The findings suggest that a significant difference of motor stereotypes underlying the performance of motor actions – the long jump – in different skill athletes.

**Results.** In the initial phase (phase jumping) differences between the groups are small - repulsion athletes perform in a similar manner, a core group of athletes with a more efficient use of the reserve of the work of the knee. The nature of the work the leg muscles in athletes of both groups in this phase is also not different. However, the further execution of motor actions in athletes of both groups occurs in different ways. Athletes of the control group did not perform virtually control the body in flight phase. This is evidenced primarily high tone muscles in the arms, back and neck throughout the flight phase. Movements are performed only in the knee and hip joints, and already in the phase of “hang-up” – the highest point of the flight path - these movements have focused on the preparation for landing.

**Conclusions.** Athletes of the main group in the flight phase involve the full range of movements - flexion and extension are performed as in the shoulder and elbow joints, as well as in the neck and spine joints. All these movements are designed to increase the range of jumps - this contributes to the removal of the legs forward, and giving the body angular acceleration by the movement of legs and head. Preparation for landing is made directly before contact with the surface, but the very nature of the phase of flight allows the athlete to use

the inertia of motion of the body as much as possible to lengthen the jump and thus facilitate shock absorption and retention of balance upon landing.

Formation movement patterns in the body control the flight phase of the athletes in the performance of the long jump is caused first of all a transformation of the dominant, defining the objective of motor actions - from a safe landing at the beginning to a maximum distance of the jump from qualified athletes. The result is a motor stereotype that includes only foot traffic at beginners, is complemented by the involvement of the movements of hands and body, reducing the degree of fixation of joints in high-skilled athletes.

**Keywords:** Tags: jump, motion control, electromyography, muscle activity.

### References

1. Bocharov M. I. Chastnaja biomehanika s fiziologiej dvizhenija [*Private biomechanics to physiology of movement*]. Uhta, UGTU Publ., 2010, 235 p.
2. Beutler A.I., Motte S.J. Muscle Strength And Qualitative Jump-Landing Differences In Male And Female Military Cadets: The Jump-Acl Study // *The Journal of Sports Science and Medicine*. 2009. № 4 (8). P. 663–671.
3. Kapilevich L.V. Fiziologicheskie mehanizmy koordinacii dvizhenij v bezopornom polozhenii u sportsmenov [Physiological mechanisms of coordination of movements in the unsupported status of sportsmen] // *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury*, 2012, no. 7, pp. 45–49.
4. Kapilevich, L.V. Fiziologicheskij kontrol' tehniceskij podgotovlennosti sportsmenov [Physiological control of the technical preparedness of athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury*, 2010, no. 11, pp. 12–15.
5. Bernshtejn N.A. *Izbrannye trudy po biomehanike i kibernetike* [Selected works on biomechanics and cybernetics]. M., SportAkademPress Publ., 2001, 296 p.
6. Bal'sevich V.K. Ocherki po vozrastnoj kineziologii cheloveka [Essays on the age of human kinesiology]. M., Sovetskij Sport Publ., 2009, 220 p.
7. Kurys' V.N. Biomehanika prizemlenija v sporte [Physiological control of the technical preparedness of athletes]. *Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 3: Pedagogika i psihologija*, 2011, no. 7, pp. 194–202.
8. Magnus R. *Staticheskie i statokineticheskie refleksy* [Static and statokinetic reflections] [Elektronnyj resurs] URL: <http://turboreferat.ru/medicine/staticheskie-i-statokineticheskie-refleksy-r/193674-969843-page1.html> (data obrashhenija: 15.02.2016.).
9. Krivoschekov S.G., Lushnikov O.N. Psychophysiology of sports addictions (exercise addiction) // *Human Physiology*. 2011. 37 (4). P. 509–513.

**Razuvanova Anna V.** (✉), graduate of Department of Sports Disciplines of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation.

**Koshelskaya Elena V.**, PhD, associate professor of Department of Sports Disciplines of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation.

**Smerdova Olga S.**, graduate of Department of Sports Disciplines of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation.

**Karpova Izol'da A.**, student of Department of Sports Disciplines of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation.

**Medvedeva Elena V.**, student of Medico-Biological Faculty of Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

**Kapilevich Leonid V.**, DMSc, professor, head of department of Sports and Recreation Tourism, Sports Physiology and Medicine of National Research Tomsk State University, Professor of Department of Sports Disciplines of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation.

✉ **Razuvanova Anna V.**, visann@tpu.ru